

End mill for contour line cutting in deep carving processes, has reverse draft blade with linear gradient that goes to rotation center of end cutting edge of blade portion in reverse direction

Patent Assignee: HITACHI TOOL KK (HITA-N)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2002292515	A	20021008	JP 200194667	A	20010329	200307 B

Priority Applications (No Type Date): JP 200194667 A 20010329

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2002292515	A		6	B23C-005/10	

Abstract (Basic): JP 2002292515 A

NOVELTY - The end mill (8) has a blade portion comprising of a peripheral cutting edge and an end cutting edge. A reverse draft blade is arranged on the connector portion of the peripheral cutting edge and end cutting edge. The reverse draft blade has a linear gradient that goes to the rotation center of the end cutting edge in reverse direction orthogonally crossing the tool axial center.

USE - For contour line cutting in deep carving processes of e.g. plastic die.

ADVANTAGE - Suppresses chatter vibration in deep carving processes. Ensures high-speed contour line cutting.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the front elevation view of the end mill for contour line cutting.

End mill (8)

pp; 6 DwgNo 5/12

Derwent Class: P54; P56

International Patent Class (Main): B23C-005/10

International Patent Class (Additional): B23P-011/02; B23P-015/34

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-292515

(P2002-292515A)

(43) 公開日 平成14年10月8日 (2002. 10. 8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)
B 2 3 C 5/10		B 2 3 C 5/10	Z 3 C 0 2 2
			D
B 2 3 P 11/02		B 2 3 P 11/02	A
			Z
15/34		15/34	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 6 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-94667(P2001-94667)

(22) 出願日 平成13年3月29日 (2001. 3. 29)

(71) 出願人 000233066

日立ツール株式会社

東京都江東区東陽4丁目1番13号

(72) 発明者 岡西 良祐

滋賀県野洲郡野洲町大字三上35-2 日立

ツール株式会社野洲工場内

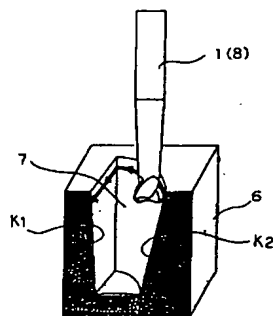
Fターム(参考) 3C022 KK14 KK25

(54) 【発明の名称】 等高線切削用エンドミル

(57) 【要約】

【課題】 金型等の3次元曲面を有する深彫り加工を行うときに、工具突き出し量が大きくても、びびり振動の発生を抑制できるエンドミルを提供する。

【解決手段】 外周刃と底刃とを備えた刃部を有し、これら外周刃と底刃との繋ぎ部に、工具軸心と直交する直線との勾配がこの底刃の回転中心に向かう勾配と逆向きである逆勾配刃を設けた等高線切削用エンドミルであり、この逆勾配刃が工具軸心と直交する直線となす角度を5°～30°とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】外周刃と底刃とを備えた刃部を有し、前記外周刃と前記底刃との繋ぎ部に、工具軸心と直交する直線との勾配が前記底刃の回転中心に向かう勾配と逆向きである逆勾配刃を設けたことを特徴とする等高線切削用エンドミル。

【請求項2】請求項1記載の等高線切削用エンドミルにおいて、前記逆勾配刃が工具軸心と直交する直線となす角度を $5 \sim 30^\circ$ としたことを特徴とする等高線切削用エンドミル。

【請求項3】請求項1記載の等高線切削用エンドミルにおいて、前記外周刃と前記逆勾配刃との繋ぎ部をR形状の刃で構成したことを特徴とする等高線切削用エンドミル。

【請求項4】請求項1記載の等高線切削用エンドミルにおいて、前記外周刃と前記逆勾配刃との繋ぎ部をR形状の刃とし、さらに前記逆勾配刃をR形状の刃で構成したことを特徴とする等高線切削用エンドミル。

【請求項5】請求項4記載の等高線切削用エンドミルにおいて、前記底刃と前記逆勾配刃との繋ぎ部をR形状の刃とするとともに前記底刃をR形状の刃とし、これら各R形状の刃を滑らかなR形状で接続したことを特徴とする等高線切削用エンドミル。

【請求項6】請求項1乃至5記載の等高線切削用エンドミルにおいて、前記外周刃の回転軌跡が工具軸心方向となす角度を $5 \sim 25^\circ$ としたことを特徴とする等高線切削用エンドミル。

【請求項7】請求項1乃至6記載の等高線切削用エンドミルにおいて、前記外周刃、前記底刃及び前記逆勾配刃を備えた刃部をエンドミルのシャンクまたは首部に焼き嵌め、ろう付け、あるいは圧入等により一体に接合したことを特徴とする等高線切削用エンドミル。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラスチック金型等の深彫り加工を等高線切削により加工を行うための、主として中仕上げ用のエンドミルに関するものである。

【0002】

【従来の技術】金型等の切削加工においては3次元の曲面加工が要求されるため、従来からボールエンドミルが使用されてきた。最近では、上記ボールエンドミルに代えてラジラスエンドミルが使用されてきている。ラジラスエンドミルは、直角肩削りを行うスクエアエンドミルと、曲面加工を行うボールエンドミルの中間に位置するエンドミルである。またラジラスエンドミルは、ボールエンドミルとスクエアエンドミルの中間的な形状をしているため、加工底面の側壁際のコーナR半径に合わせた形状が選定できること、及びスクエアエンドミルでは不可能であった曲面加工も行うことができるという長所を備えている。さらに、ラジラスエンドミルは、ボールエ

ンドミルの欠点である回転中心付近の低速な領域がなく、精度の高い曲面加工にも用いることができる。このため、最近のMC（マシニングセンター）のように主軸を制御する工作機械やNC制御ソフトウェアの発達により、特にラジラスエンドミルを用いた高回転数による高速切削加工が広く普及してきている。金型等の3次元曲面加工を行うラジラスエンドミルについては、その使用目的等に応じて多数の改善が提案されている。例えば、本出願人が先に提案した特開平11-90722号公報、特開平11-216609号公報に記載されているラジラスエンドミルの一例を図1、図2に示す。図1に示すラジラスエンドミル1は、シャンク2の一端部の側面に外周刃3、該外周刃3の一端部には底刃4を設け、さらに外周刃3と底刃4との繋ぎ部に円弧状のコーナR刃5を設けたものである。また、切削加工時の底刃4の切削抵抗を低減させるために、図2に示すように、底刃4は工具軸心と直交する線に対して軸心方向に傾斜するように角度 $\alpha$ の中低勾配を設けている。上記した従来のラジラスエンドミル1においては、コーナR刃5のR部の長さは、一般にこのコーナR部が形成する円の約 $1/4$ 円弧とし、また中低勾配の角度 $\alpha$ は $5^\circ$ 以上に設定している。

【0003】プラスチック射出成形用金型等を製造するときには、深彫り加工を行うことが多くある。このような深彫り加工を行うときには、図3に示すようにラジラスエンドミル1を使用して、等高線切削により被加工物6に深溝7を切削加工している。深彫り加工を行う際に等高線切削を採用する理由は、切削工具の使用部分がほぼ一定になるために、安定した切削ができる、切込み量を小さくして高速切削に対応することができる、等によるからである。また、深彫り加工を行うためには、最も底の部分までを同一の工具で加工するため、溝の深さを加工できる長い工具突き出し量で最初から加工を行わなければならない。長い工具突き出し量で等高線切削による深彫り加工を行う場合には、ラジラスエンドミル1にびびり振動を発生させずに、安定した高速切削が継続できるようにする必要がある。特に、工具径の5倍以上の深彫り加工を行う場合にはこのような配慮が必要になる。この対策としては、切り込み量を更に小さくする、切削速度や送り速度を下げる等により切削負荷を極力低減させることが行われている。しかし、このような対策手段では加工能率が下がるとともに、びびり振動の抑制等においてもまだ不十分であった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記のようにラジラスエンドミルは、約 $1/4$ の円弧のコーナR刃を有している。このため、ラジラスエンドミルを使用して、図4に示すような金型等の被加工物6を等高線切削により深彫り加工を行うと、ラジラスエンドミル1にかかる切削応力Fの水平分力F1は、垂直分力F2より大きくなって

いた。上記のように、深彫り加工は、工具突き出し量が長い、すなわち長尺のラジラスエンドミル 1 を使用する必要がある。従って、切削応力が  $F_1 > F_2$  の状態で切削を継続すると、長尺のラジラスエンドミル 1 は工具軸心と直交する方向にびびり振動が生じやすくなり、切削精度の低下、刃部の破損を招く危険性があった。この理由をさらに説明すると次のようになる。エンドミルによる切削は断続切削であるため、工具の径方向の切削応力が大きくかつ変動して、工具の撓みが発生し、これにより工具にびびり振動が発生するからである。この工具の

【0005】本発明は上記従来のエンドミルをさらに改善し、その目的とするところは、金型等の 3 次元曲面を有する深彫り加工、すなわち工具突き出し量が多い加工を等高線切削により行うときに、びびり振動の発生を抑制することができるエンドミルを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、外周刃と底刃とを備えた刃部を有し、これら外周刃と底刃との繋ぎ部に、工具軸心と直交する直線との勾配がこの底刃の回転中心に向かう勾配と逆向きである逆勾配刃を設けた等高線切削用エンドミルである。さらに本発明は、この逆勾配刃が工具軸心と直交する直線となす角度を  $5 \sim 30^\circ$  とした等高線切削用エンドミルである。

【0007】なお、本発明において、上記逆勾配刃の勾配の向きとは次の通りである。底刃の勾配角、すなわち、中低勾配が工具の最下点を通り工具軸心と直交する直線に対して反時計回り方向の角度（勾配）であるのに対し、逆勾配刃の勾配角は、工具の最下点を通り工具軸心と直交する直線に対して時計回り方向の角度（勾配）であり、底刃の勾配と逆向きとしたものである。また、本発明は、上記のような構成のエンドミルにおいて、外周刃と逆勾配刃との繋ぎ部を R 形状の刃で構成した等高線切削用エンドミルである。さらに本発明は、この逆勾配刃も R 形状の刃で構成してもよい。さらに本発明は、底刃と逆勾配刃との繋ぎ部を R 形状の刃とするとともに底刃を R 形状の刃とし、これら各 R 形状の刃を滑らかな R 形状で接続した構成にしてもよい。また、本発明は、上記のような構成のエンドミルにおいて、外周刃の回転軌跡が工具軸心方向となす角度を  $5 \sim 25^\circ$  とした等高線切削用エンドミルである。さらに、本発明は、上記のような構成の外周刃、底刃及び逆勾配刃を備えた刃部をエンドミルのシャンクまたは首部に焼き嵌め、ろう付け、あるいは圧入等により一体に接合した等高線切削用エンドミルである。

【0008】本発明の特徴は、外周刃の端部と底刃との繋ぎ部に、工具軸心と直交する直線との勾配が底刃の中低勾配より逆向きである逆勾配刃を設けたことにある。

従来のラジラスエンドミルにはコーナ R 刃が設けられていたが、本発明の構成要件の一つである逆勾配刃は、このコーナ R 刃をさらに等高線切削に適するように改善したものであって、その作用効果は、従来のコーナ R 刃とは異なるものである。この逆勾配刃は、工具軸心と直交する直線との勾配が底刃の中低勾配より逆向きの勾配角度を有するように形成し、この勾配角度を  $5 \sim 30^\circ$  にすることにより逆勾配刃にかかる切削応力を低減させるとともに、この切削応力の水平分力よりも工具の軸心方向（垂直方向）の分力を大きくするようにしたものである。本発明において、上記した逆勾配刃の勾配角度を  $5 \sim 30^\circ$  に限定した理由は、 $5^\circ$  未満であると等高線切削時に逆勾配刃にかかる切削抵抗が増大し、高速切削が不可能になるのみならず、逆勾配刃の破損を招く危険性が生じるからである。また、 $30^\circ$  を超えると、切削に関与する切れ刃長さの関連より、切削応力が  $F_1 > F_2$  の状態となり、びびり振動が発生し易くなるためである。また本発明において、外周刃の回転軌跡が工具軸心方向となす角度を  $5 \sim 25^\circ$  に限定した理由は次の通りである。 $5^\circ$  未満であると、例えば、垂直直面を加工する場合、外周刃が被加工物とあたる長さが大きくなって切削抵抗が増大し、びびり振動の発生の原因になるからである。一方、 $25^\circ$  を超えると、シャンク方向への工具径の減少が大きくなり、刃部と首部との繋ぎ目に切削応力が集中し易くなって、工具の折損に至る危険性が生じ易くなるとともに、外周刃と逆勾配刃との繋ぎ部の強度が弱くなり、欠損やチッピングが生じ易くなるからである。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。図 5 は本発明の等高線切削用エンドミルの第 1 の実施の形態を示す正面図であり、図 6 は図 5 の左側面図である。図 5 において、等高線切削用エンドミル 8（以下、エンドミル 8 という）はシャンク 9、テーパ形状の首部 10、首部 10 の端部に形成された刃部 11 から構成されている。刃部 11 は、刃部 11 の側面外周部に形成された外周刃 12、刃部 11 の端面に形成された底刃 13、底刃 13 と外周刃 12 との繋ぎ部に形成された直線状の逆勾配刃 14 から構成されている。なお、図 5 において、テーパ形状の首部 10 を設けずに、長尺のシャンク 9 の一端部に刃部 11 を形成したエンドミル 8 としてもよい。また、図 6 では底刃 13 の刃数は 2 枚を例示しているが、従来のラジアルエンドミルと同様に、2 ～ 6 枚の底刃 13 を形成することができる。シャンク 9、首部 10、刃部 11 の材質は従来から採用されている WC-CO 系等の超硬合金製とし、刃部 11 には適切な耐摩耗性被覆層を形成する。

【0010】本発明のエンドミル 8 は、外周刃 12 と底刃 13 との間に逆勾配刃 14 を形成したことに特徴がある。図 7 に示すように、逆勾配刃 14 は工具軸心 L と直

交する直線H（または面H）と角度 $\beta 1$ をなすように形成する。同様に、底刃13は回転中心に向かって中低勾配有し、工具軸心Lと直交する直線Hとは角度 $\alpha$ をなしているが、逆勾配刃14と中低勾配である底刃13とは、直線Hとの勾配（傾斜）方向は逆向きに形成している。本発明においては、この逆勾配刃14の直線Hに対する勾配角度 $\beta 1$ は $5 \sim 30^\circ$ に設定する。この逆勾配刃14の勾配角度 $\beta 1$ を $5 \sim 30^\circ$ に設定することにより、図8に示すように、エンドミル8により等高線切削を行っているときの切削応力Fは、（水平分力F1）< 10 （垂直分力F2）の状態になり、工具軸心Lと直交する方向へのびびり振動は減少し、精度の高い等高線加工を行うことができるようになる。

【0011】なお、本発明において、底刃13の中低勾配の角度 $\alpha$ は $5^\circ \sim 20^\circ$ にすることが望ましい。その理由は次の通りである。逆勾配刃14と底刃13との繋ぎ部、すなわち工具の最下点は切削性が劣るため、切り屑排出性を含む切れ味と強度が必要であり、 $5^\circ$ 未満では被削材との接触が大きく被削材との隙間も小さくなり切り屑排出性を含む切れ味が劣り、一方、角度 $\alpha$ が $20^\circ$  20 を超えると強度が劣るからである。また、図6に示すように、逆勾配刃14は、底刃13に対して角度 $\gamma$ ほど傾斜させるとよい。この理由はエンドミル8はR方向に回転するので、角度 $\gamma$ を設けていると逆勾配刃14全体が同時に被削材と接触しないでそれだけ時間差が生じるため、切削抵抗が安定し、さらに切削抵抗を減少させることができるからである。この傾斜角度 $\gamma$ は $5^\circ \sim 30^\circ$ にすることが望ましい。また、本発明においては図7に示すように、外周刃12の回転軌跡が工具軸心L方向となす角度 $\theta$ は $5 \sim 25^\circ$ になるように、外周刃12を 30 テーバ形状にする。このように角度 $\theta$ を $5 \sim 25^\circ$ に設定すると、等高線切削時に外周刃12が被加工物7と接触する長さが少なくなつてエンドミル8にかかる切削抵抗を減少させることができ、びびり振動の発生をより抑制することができる。

【0012】続いて本発明の第2の実施の形態を図9に基づいて説明する。図9に示す実施の形態は、外周刃12と逆勾配刃14との繋ぎ部にR形状の切刃15を設けたものである。このR形状刃15を設けることにより、図7に示す第1の実施の形態と比べて等高線加工時の切削抵抗をより減少させ、びびり振動の発生を抑制することが可能になる。さらにR形状刃15を形成したことにより、図3に示すような角度が異なる傾斜面K1、K2を等高線切削により深彫りを行う場合に、この傾斜面の加工の仕上げ精度をより向上させることができる。また、外周刃12と逆勾配刃14との繋ぎ部における欠損やチッピング等の異常摩耗を抑制する効果が生じる。

【0013】本発明の第3の実施の形態を図10に示す。第3の実施の形態は、上記第2の実施の形態と同様に、外周刃12と逆勾配刃14との繋ぎ部をR形状刃1 40

5とし、さらに逆勾配刃14もR形状の刃16にして、R形状刃15とR形状の逆勾配刃16を滑らかに接続したものである。この第3の実施の形態において、本発明の構成要件の一つであるR形状の逆勾配刃16が工具軸心と直交する直線Hとなす角度（逆勾配刃の勾配角度）とは、次の角度のことをいう。すなわち、R形状刃15とR形状の逆勾配刃16との交点をAとし、R形状の逆勾配刃16と底刃13との交点をB、すなわち刃部11の端部の最下点をBとすると、これらの交点AとBとを結ぶ直線M1が工具軸心Lと直交する直線Hとなす角度 $\beta 2$ のことである。この角度 $\beta 2$ が $5 \sim 30^\circ$ になるようにR形状刃15とR形状の逆勾配刃16とを形成するようにする。このようなR形状刃15とR形状の逆勾配刃16とを設けることにより、等高線切削時の切削抵抗をより減少させ、かつ図8に示す切削応力Fについて、水平分力F1よりも垂直分力F2の値をより大きくすることが可能になり、びびり振動の発生をより抑制することができるようになる。

【0014】本発明の第4の実施の形態を図11に示す。第4の実施の形態は、上記第3の実施の形態と同様に、外周刃12と逆勾配刃14との繋ぎ部をR形状の刃15とし、逆勾配刃14もR形状の刃16とし、さらに逆勾配刃14と底刃13との繋ぎをR形状の刃17とし、さらに底刃13もR形状の刃18にし、これら各R形状を一つの連続したR形状の刃にしたものである。この第4の実施の形態において、本発明の構成要件の一つであるR形状の逆勾配刃16が工具軸心と直交する直線Hとなす角度（逆勾配刃の勾配角度）とは、次の角度のことをいう。すなわち、R形状の逆勾配刃16とR形状の刃15との交点をAとし、R形状の逆勾配刃16とR形状の刃17との交点をC、すなわち刃部11の端部の最下点をCとすると、交点AとCとを結ぶ直線M2が工具軸心Lと直交する直線Hとなす角度 $\beta 3$ のことである。この角度 $\beta 3$ が $5 \sim 30^\circ$ になるようにする。この第4の実施の形態においては、外周刃12の端部から底刃13までを連続したR形状刃で構成しているため、図10に示す第3の実施の形態よりさらに等高線切削時の切削抵抗を減少させることができ、高速加工により高精度な等高線加工を行うことが可能になり、びびり振動の発生もさらに抑制することが可能になる。なお、上記した本発明の第2～第4の実施の形態においても、第1の実施の形態と同様に、外周刃12の回転軌跡が工具軸心L方向となす角度 $\theta$ は $5 \sim 25^\circ$ になるように、外周刃12をテーバ形状にする。

【0015】図12は、本発明の第5の実施の形態を示すもので、突出部19を有する刃部11を別個に製作し、この突出部19をテーバ形状の首部10の一端部に形成した孔部20に焼き嵌め、ろう付け、あるいは圧入等により首部10に一体に接合したものである。このような構成にすると、刃部11のみをWC-Cr系超硬合 50

金で製作し、シャンク9及び首部10を工具鋼等で製作することができるので、エンドミルのコスト低減を行うことができる。なお、図12に示す第5の実施の形態において、首部10を設けずに長尺のシャンク9の一端部に刃部11の突出部19が嵌合する孔部を設け、シャンク9と刃部11とを焼き嵌め、ろう付け、あるいは圧入等により一体に接合する構成にしてもよい。上記した本発明の実施の形態は等高線切削について説明したが、本発明のエンドミルは傾斜切削やヘリカル切削による金型等の3次元曲面加工にも適用できる。

【0016】

【実施例】（実施例1）図5～図7に示す第1の本発明例と、図1、図2に示す従来例であるラジラスエンドミルを製作し、切削状態を確認するとともに、工具寿命の比較テストを行った。本発明例には逆勾配角度が20°の逆勾配刃を設け、従来例には20°の逆勾配刃に相当するアール半径0.5mmのコーナR刃を設け、硬さ92HRAの超微粒子超硬合金製でTiAlNの硬質膜を被覆し、工具径6mm等、その他の形状を同一にした。そして、被加工物の材質をS55C材とし、深さ40mm、壁面の形状が平面と曲面からなり、各壁面の勾配が3°と5°のポケット形状の深彫り加工を行った。切削条件は、回転数6400min<sup>-1</sup>、送り速度640mm/min、工具軸方向切り込み0.2mm、工具突き出し量は工具径の7倍にあたる42mmで、等高線切削によりミストによるセミドライ加工を行った。

【0017】その結果、従来例であるラジラスエンドミルは、外周刃が被加工物と接触する深さ0.6mmよりビビリ振動が激しく、深さ6mmですでにコーナR刃にチッピングが生じており、深さ20mmの加工途中に刃部と首部の繋ぎ目で折損し、寿命となった。これに対し、本発明例のエンドミルは、深さ40mmまで、ビビリ振動もほとんどなく、安定した切削ができ、正常な工具摩耗形態であり、まだ切削可能な状態であった。

【0018】（実施例2）次に、前記第1の本発明例において、逆勾配刃の勾配角度を3°、5°、10°、15°、20°、30°、40°に変化させたものを前記実施例1と同様に製作し、比較テストを行った。全工具とも、深さ40mmまで加工可能であったが、逆勾配刃の角度が3°のものは、逆勾配刃のチッピングを含む摩耗が激しく、深さ30mmを超えたあたりからビビリ振動が発生し、逆勾配刃の角度が40°のものは、深さ2mmあたりから振動自体は小さいが振動し始めた。また、逆勾配刃の角度が5°～30°のものはすべて良好な切削状態であり、とくに逆勾配刃の角度が15°～30°のものが安定し、良好な切削状態であった。

【0019】（実施例3）次に、前記した本発明の第2～4の実施の形態例についても前記テストと同様に製作し、比較テストを行った。繋ぎ部や逆勾配刃等をR状にしたことにより、切削性が更に良好になり、かつチップ

ングを抑制でき、更にビビリ振動がない安定した切削が可能であった。

【0020】

【発明の効果】以上に説明した本発明の等高線切削用エンドミルは、切削加工時に被加工物と外周刃、底刃、逆勾配刃との当たり長さが短くなるとともに切削応力がF1<F2となるので、特に金型等の深彫り加工においてビビリ振動を抑制し、等高線切削により高速、高送り切削が可能になるとともに、工具寿命の高い工具径が3～20mmの小及び中径のエンドミルを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、従来のラジラスエンドミルの一例を示す正面図である。

【図2】図2は、図9の刃部の形状を示す部分拡大図である。

【図3】図3は、エンドミルを用いて等高線加工を行う方法を説明するための説明図である。

【図4】図4は、従来のラジラスエンドミルを用いて等高線加工を行ったときに、このエンドミルに作用する切削応力を説明するための説明図である。ときに、エンドミルに作用する切削応力を説明するための説明図である。

【図5】図5は、本発明の一実施例を示す正面図である。

【図6】図6は、図1の横側面図である。

【図7】図7は、本発明の第1の実施の形態を示す断面図であり、刃部の回転軌跡を示す拡大図である。

【図8】図8は、本発明の等高線加工用エンドミルを用いて等高線加工を行った

【図9】図9は、本発明の第2の実施の形態を示す断面図であり、刃部の回転軌跡を示す拡大図である。

【図10】図10は、本発明の第3の実施の形態を示す断面図であり、刃部の回転軌跡を示す拡大図である。

【図11】図11は、本発明の第4の実施の形態を示す断面図であり、刃部の回転軌跡を示す拡大図である。

【図12】図12は、本発明の第5の実施の形態を示す正面図である。

【符号の説明】

1 ラジラスエンドミル

2 シャンク

3 外周刃

4 底刃

5 コーナR刃

6 被加工物

7 深溝

8 等高線切削用エンドミル

9 シャンク

10 首部

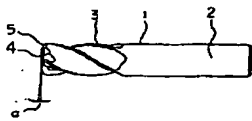
11 刃部

- 12 外周刃  
13 底刃  
14 逆勾配刃  
15 R形状刃  
16 R形状にした逆勾配刃

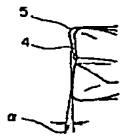
- \* 17 R形状刃  
18 R形状にした底刃  
19 突出部  
20 孔部

\*

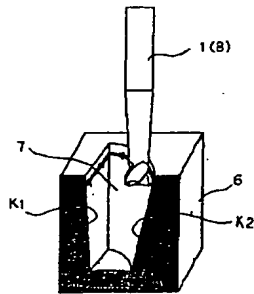
【図1】



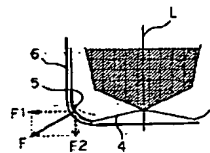
【図2】



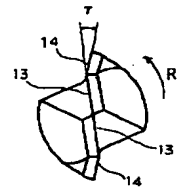
【図3】



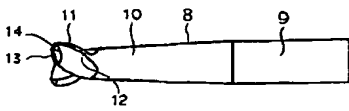
【図4】



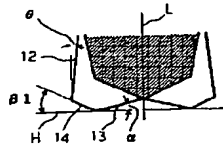
【図6】



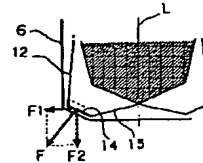
【図5】



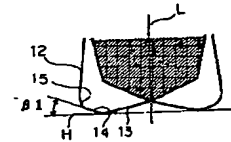
【図7】



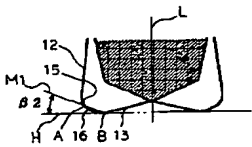
【図8】



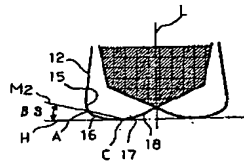
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

